

紙布の物理的性質

Physical properties of paper fabrics

田中由里子*・大野亮*

Yuriko TANAKA and Ryo OHNO

*家政学部被服学科

要旨

将来の石油・石炭代替素材として植物セルロースを衣料原料とする可能性について検討した。衣料用紙布の物性を測定した結果、引張り強度・引き裂き強度が他素材の市販布より大きく、吸水性・水分率等の性質が優れていた。摩耗強度・破裂強度・通気性・熱伝導性は市販布と同程度の性能であった。剛軟度が大きくてドレープ性に欠け、形状復元性も小さいという欠点があった。しかし、欠点も加工技術が開発されれば克服できるので、紙布の衣料素材としての可能性は十分あるといえる。

1 緒言

歴史的衣料素材としての紙衣・紙布は、安価で低品質、あるいは反古紙の再利用のようにみられる。しかし、白石紙布のように製造技術の向上により軽くて肌触りのいいものが生まれ、独特の風合いが好まれて着用されていた¹⁻⁴⁾。同時期の江戸中期より全国的に栽培されるようになった綿が増産されると、紙布は影が薄くなりながらも、大正時代まで続いて、壁紙としても利用された。

当時の紙布の用途は、「絹紙布やちぢみ紙布は、絹・綿・毛織物・麻布に比べて軽く涼しく、汗をよく吸い取りベタつかず、肌ざわりが柔らかく、着心地がよいので、老人の夏衣として特

に愛用されていたといえます。諸紙布作業衣類は、水洗いにも充分耐え、丈夫で熱射を避けるので炎天下や麦焼きなどの作業衣に適していたようです。また、水分を吸い上げないので水田作業にも利用されていたそうです⁵⁾と記されている。

現代は、エコという観点から植物由来の衣料素材が見直されている。紙と同じくパルプを原料とするレーヨンは、製造工程で化学薬品を使用するのでエコでないといわれる。しかし、問題は製造から廃棄までの炭素の排出量、製品中の残留化学薬品、工場排出物、等々の総合的な視点が大切であり、それらは技術の進歩とともに変わるものである。

別の観点からも植物原料が模索されている。石油・石炭資源を持たない途上国は、自国にある資源で衣食住を賄い、輸出して生きてゆかねばならない。JICAによる「収入創出活動の事業化支援 -ラオス森林保全・復旧計画における紙布織りの事例-」⁶⁾などはその典型例である。

どの素材が用いられるかは消費者が決めることであり、結局は素材の性質であり、可能性である。本研究は、市販紙衣・紙布の諸物性を測定し、他素材の織物と比較してその可能性を検討する目的で行った。

紙衣・紙布の定義は曖昧であり、紙衣は紙の着物を指し、紙布は紙素材を織物に織ってから衣服に仕立てるものを指すようである。ここで

は通例に従って用いるが、商品名等で特色を出すため、紙布に紙衣の言葉をあてる場合が多い。

2 試料と実験法

2.1 試料

試料1 (株)ユニカ製造の「紙衣(かみこ) 墨染め F0231-B2」は、マニラ麻100%を和紙に漉き、3mm幅のテープ状に裁断して、コヨリ状に撚った中空芯の紙糸を使用している。図1にマニラ麻の断面電顕写真を示した。紙糸は0.045g/m、405デニール、合糸数1、撚り方向Sである。この糸をたて糸・よこ糸両方に用い、濃い目に墨染めした平織り諸紙衣である。布幅125cm、平面重190g/cm²。

試料2 (株)ユニカ製造の「紙衣(かみこ) 墨染め(淡色) F0260-B2」は、たて糸綿糸、よこ糸上記と同じマニラ麻100%を和紙に漉き、3mm幅・5mm幅のこより中空芯の紙糸を交互に使用した。

試料3 (有)笑ころ(えころ)製造の「和の布る(わのふる)」は、たて糸オーガニック茶綿60%、よこ糸マニラ麻和紙40%混合の蜂巢織り(ワッフル織り)浴用タオルである。図2に蜂巢織りの表面写真を示した。

試料4 (株)ダブルエイチ・ピー製造の「天然竹繊維 TAKE MARU HAND TOWEL」は、基布綿糸平織り30%、たてパイル糸竹繊維原料のレーヨン70%の混合布によるハンドタオルである。図3に竹繊維原料レーヨンの断面電顕写真を示した。また、図4に基布とパイルがみえる織り表面写真を示した。

試料5 「丹波ちりめん紙布つづれ帯揚げ(高麗納戸青みの暗い灰青緑)」は、たて糸絹、よこ糸絹+和紙(原料楮)である。図5に絹たて糸の断面電顕写真を示した。図6に織物表面写真を示した。よこの太い糸が楮和紙である。

表1に紙布試料の構造および切断特性を記した。

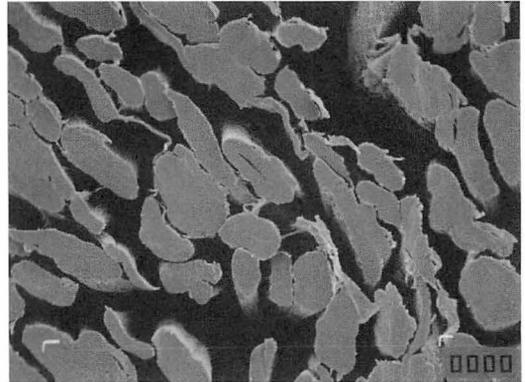


図1 マニラ麻の断面電顕写真 1000倍

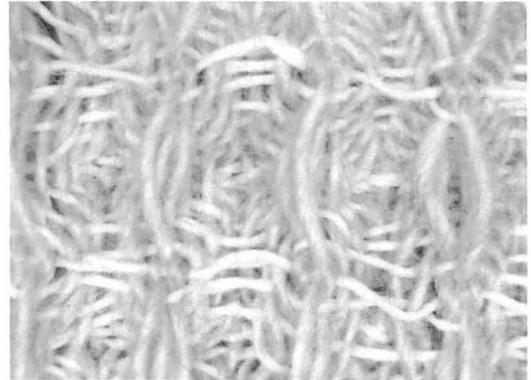


図2 浴用タオル蜂巢織りの表面写真

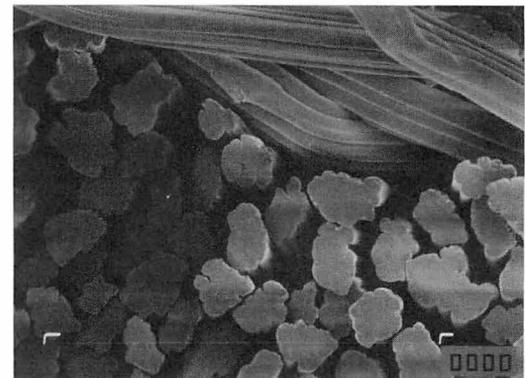


図3 竹繊維原料レーヨンの断面電顕写真 1000倍

紙布の物理的性質



図4 ハンドタオルの基布とパイルがみえる織り表面写真

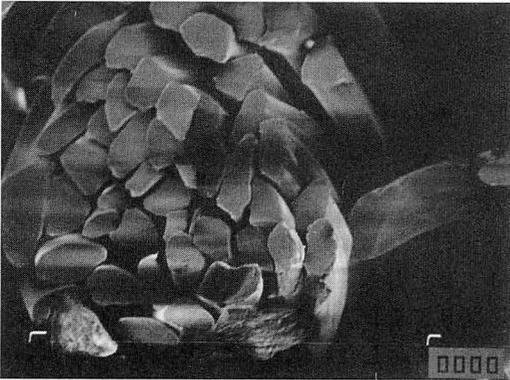


図5 絹たて糸の断面電顕写真 1000倍

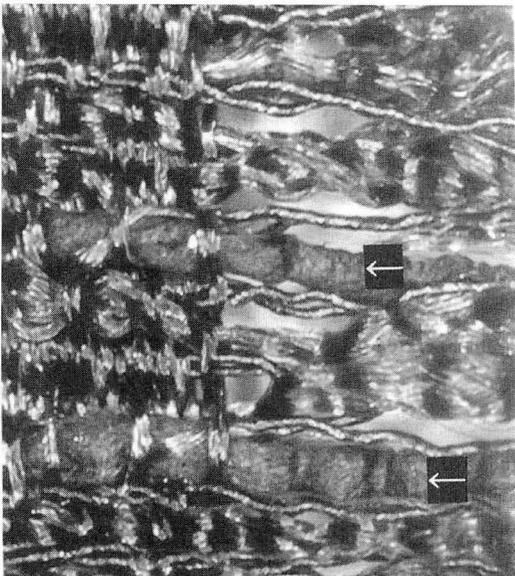


図6 「丹波ちりめん紙布つづれ帯揚げ」織物表面写真、よこの太い糸が楕和紙

	試料1		試料2		試料3		試料4		試料5	
平面重 g/m^2	208.0		229.6		207.0		511.7		130.0	
厚さ mm	0.50		0.76		1.41(2.00)		2.03(3.00)		0.52	
見かけ比重 g/cc	0.416		0.302		0.147		0.252		0.251	
充填率 %	27.7		19.1		9.3		16.0		15.9	
含気率 %	72.3		80.9		90.7		84.0		84.1	
	タテ	ヨコ	タテ	ヨコ	タテ	ヨコ	タテ	ヨコ	タテ	ヨコ
糸密度 本/cm	15.7	11.4	12.0	9.0	28.0	25.0	14.0	20.0	8.5	7.5
織り縮率 %	7.5	9.5	2.5	27.5	18.3	18.3	-	-	-	-
糸の太さ D	494.1	803.7	1087.0	580.2	251.2	193.3	-	-	33.7	175.7
切断荷重 kg/cm	9.80	12.30	16.92		11.50		4.94		9.96	
切断伸び %	32.0	39.7	14.2		28.0		12.4		21.2	

表1 紙布の構造および切断特性

2. 2 実験法

2. 2. 1 引張り強度

糸および布の引張り試験は、(株)オリエンテック製の万能引張り試験器RTA100で測定した。糸・布ともに試験長10cm、引張り速度5 cm/min (50%/min) であった。試験布の大きさはたて10cm、よこ5cmであった。

2. 2. 2 引き裂き強度

引き裂き強度は、(株)大栄科学精器製作所製のエレメンドルフ引き裂き強さ測定装置で測定した。試験布は長さ10cm、幅6.3cmの大きさで採取し、装置に取り付けた。

2. 2. 3 摩耗強度

摩耗強度は、(株)大栄科学精器製作所製のカスタム式摩耗試験機で平面摩耗強さを測定した。電気接点による停止と、目視による開口を較べると、電気接点の方が回数が少し大きい。理由は、摩擦点に布屑等が溜まるためである。そこで、10回ごとに布屑を適宜吹き飛ばしながら目視で開口する回数を求めた。

2. 2. 4 破裂強度

破裂強度は、(株)大栄科学精器製作所製のミューレン型破裂強度試験機で測定した。

2. 2. 5 通気度

通気度は、(株)カトーテック製の通気性試験機KES-F 8-AP1で測定した。試験布は直径4 cmの円で、分解能0.02mmHgであった。

2. 2. 6 剛軟度

剛軟度は、(株)大栄科学精器製作所製のスライド法試験機で測定した。試験布は2×15cm²の大きさで、5cm突き出したときのたわみ量から剛軟度を求めた。

2. 2. 7 熱伝導率

熱伝導率は、(株)カトーテック製のKES-F7サーモラボ(精密迅速熱物性測定装置)で測定した。試験布の大きさは5×5cm²であった。

2. 2. 8 吸水性

吸水性は、(株)大栄科学精器製作所製のバイレック法吸水性試験器で測定した。試験布は、2.5×20cm²の大きさであり、10分後の吸水高さを測定した。

2. 2. 9 水分率

水分率は、デシケータ中で各湿度に調湿した約1gの試験布を、105℃の真空恒温乾燥機で乾燥する前後の重さを量って求めた。環境湿度100%の結果が、ケースに付着する水分を吸収するため、誤差が大きかった。

3 結果と検討

3. 1 切断強度

図7に紙布試料と綿デニムのたて引張り切断強度を較べて示した⁷⁻¹⁰⁾。試料4ハンドタオル以外は丈夫な綿デニムと同程度の引張り強度があり、実用に耐えることがわかる。この大きな強度は、紙布原料の多くがマニラ麻を使用しているためである。「マニラ麻の繊維は植物繊維としては最も強靱なものの1つである。またマニラ麻は水に浮き、太陽光や風雨などに対しても非常に高い耐久性を示す。ロープをはじめ、高級な紙(紙幣や封筒)、織物などに用いられている」とされる。紙で織られた布というところと新聞紙ほどの強さをイメージするが、実際は非常に強靱なものである。

切断伸びは、織り構造等によって制御できる

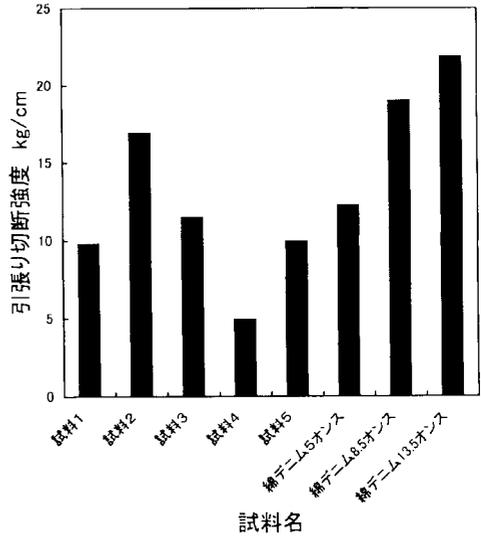


図7 紙布試料と綿デニムのたて引張り切断強度

ので、ここでは検討しない。

3. 2 引き裂き強度

図8に紙布試料1および2と市販布の引き裂き強度を示した。試料2のたてデータが無いが、糸が滑り伸張変形して完全には切れなかったためである。たて試料はたて綿糸が切れるはずだが、引き裂き中にたて綿糸がよこ紙糸と滑って移動し、幅5mmのよこ紙糸が切断しないで残っている。切断エネルギーが糸間の滑りエネルギーになって、切れない状態である。6100g以上の強度があると推定される。これを含めて、紙布の引き裂き強度は市販布の大きいものに相当し、釘等に引っかけて瞬間的に引張られるときの強度は十分にあるといえる。被服着用時には引張りより引き裂きによって破れる場合が多いので、実用性能として大切である。

たて綿糸-よこ紙糸の組み合わせの場合、糸間の滑りが大きいいため切断しにくいだが、糸間に隙間が生じて透いて見える状態となるので、長期間の使用で隙間がどのように拡大するのか問題となるであろう。

紙布の物理的性質

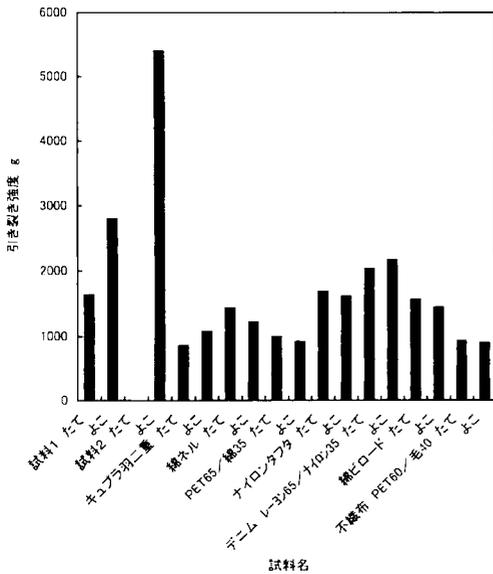


図8 紙布試料1および2と市販布の引き裂き強度

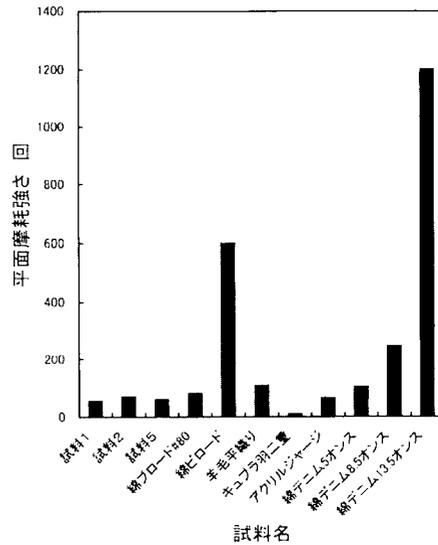


図9 紙布試料1、2、5と市販布の平面摩耗強度

3.3 摩耗強度

図9に試料1、2、5と市販布の平面摩耗強度を示した。市販布の平面摩耗強度はキュプラ羽二重の10回から綿デニム13.5オンスの1202回まで広く分布するのにに対し、紙布は50~70回に集中する。綿ブロードの80回よりはやや小さいが、キュプラ羽二重の10回より大きい。

摩耗強度は、繊維の摩耗特性と布の構成に依存する。ナイロン、ポリエステル、ビニロンなどの合成繊維は摩耗強度が大きく、アセテート、レーヨンは小さい。ゴムのような柔軟さをもつ合成繊維の摩耗強度が大きく、セルロース系の硬い繊維のそれは小さい。紙はセルロースであるため摩耗強度が小さい。摩耗強度は布の耐久的性能の一つで、紙布を実用とするとき大切である。この欠点を改良するには、綿ブロードのような起毛構造とすべきである。起毛構造は摩耗強度増大のほかに、保温性の向上にも寄与する。

3.4 破裂強度

図10に試料布4種と市販布の破裂強度を示した。市販布の破裂強度は、キュプラ羽二重の5.55から綿デニムの24.37kg/cm²まで分布する。紙布は8.55~16.25kg/cm²で、市販布と同じ位であり、不織布の4.86より大きい。紙糸に撚りをかけ、織り構造にしたため強度が増加したと考えられる。通常の着用で破裂することはないから、この性質は膝抜け・肘抜け等を予測するとき援用される。紙布の破裂強度は市販布と同じレベルだが、硬いため元の形状に戻りにくい。破裂した後の紙布の形状は、破裂時の球形をほぼ保っていて、平面には戻らない。形状安定性は審美的要素から重要であり、紙布の大きな欠点といえる。これを克服するには、糸および織り構造に柔軟さを付与することが必要となる。

紙布の物理的性質

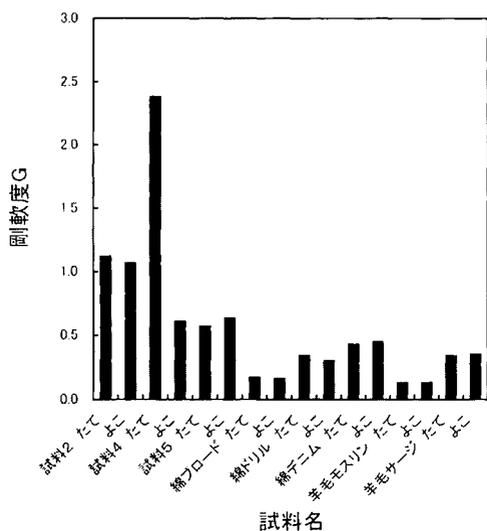


図12 紙布試料2、4、5と市販布の剛軟度G

3. 7 熱伝導性

図13に試料布と市販布の厚さと熱伝導率の関係を示した。市販布の熱伝導率○は、毛布0.00010から綿布0.00019cal/(cm·sec·°C)まで分布する。紙布●は試料3の0.0001144～試料5の0.0001585cal/(cm·sec·°C)の範囲にあり、市販布とほぼ同じである。紙布試料3は厚さ1.41mmに対して熱伝導率0.0001144cal/(cm·sec·°C)と小さいが、含気率が90.7%と大きい構造のためである。用途はタオルや夜具地であり、通気性も大きいため衣料には適さない。紙布の熱伝導性が市販布とほぼ同じであることは、衣料にとって最も大切な保温性能があることから、紙布が実用できることを意味する。

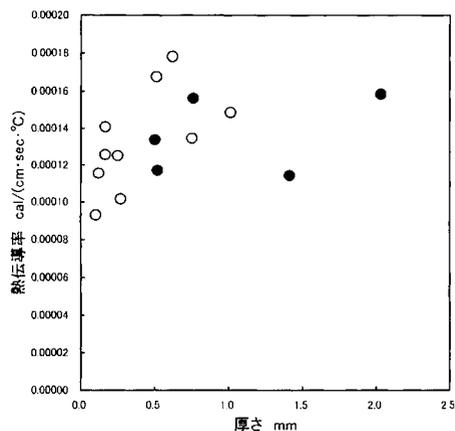


図13 紙布試料と市販布の厚さと熱伝導率、●紙布、○市販布

3. 8 吸水性

図14に紙布試料と市販布の吸水高さを示した。市販布の吸水性をバイレック法で比較すると、羊毛モスリンの0 cmからアクリルモスリンの8.3cmまで分布する。羊毛はキューティクルの撥水性が吸水性を悪くしている原因であり、例外である。ポリエステルタフタの1.1cmが最小と見るべきである。紙布の吸水性は、試料1と2の0 cm～試料5の10.5cmの範囲にある。試料1と2は、紙布に湿潤強度をもたせるため撥水加工が施してあり、吸水性0 cmとなった。その他の紙布は市販布の大きい値に匹敵して、吸水性が良い。吸水性が良いと、汗を吸収して肌表面を低湿度に保ち、サラリとした肌触りを生む。

湿潤強度のための撥水加工は、現状では紙布の欠点を補うためであるが、加工技術が進歩すれば無用となるであろう。あるいは外衣は撥水加工し、内着は加工しなくて良い性質のものである。したがって、紙布の決定的な欠陥とはいえない。

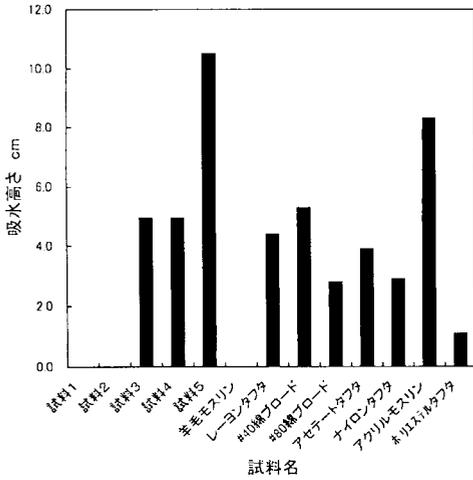


図14 紙布試料と市販布の吸水高さ

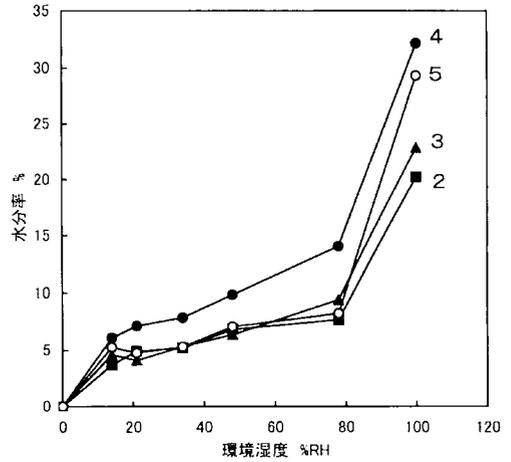


図15 紙布試料4種の等温収着曲線、数字は試料番号

3. 9 水分率

図15に紙布4種の等温収着曲線を示した。図中の番号は試料番号である。紙布の水分率は環境湿度65%で6~11%であり、同じセルロース繊維の綿やレーヨンと同じ範囲である。試料4の竹原料のレーヨンは、湿度65%で水分率11%とやや大きい。パルプ原料のレーヨン・キュプラも水分率12~14%であり、同程度である。したがって、紙布を着用すると不感蒸泄の状態では綿・レーヨンと同じような吸湿性となり、快適な衣服内気候となる。

3. 10 植物セルロースの利用法の検討

植物セルロースの衣料素材としての利用法にはつぎの3法がある。

- 1 抄紙して和紙を作る - テープ状に切断して燃りをかけてこよりにする - 布に織る
- 2 水中で腐食させて繊維素成分を採取する - 麻紡績する - 布に織る
- 3 繊維素成分を採取する - 化学薬品で溶解してレーヨンあるいはテンセルなどに紡糸する - 布に織る

本研究の紙布試料1、2、3、5は利用法の1であり、紙布試料4は利用法3である。

利用法の1はいわゆる紙衣・紙布であり、紙的性質が強く表れる。紙布に柔軟さを付与すれば衣料としての用途が広がる。

利用法の2は麻紡績であり、日本では亜麻と苧麻が衣料用に製造されている。マニラ麻も同じ方法で紡績できるが、縄類に用いられる。マニラ麻を細繊維化する技術が開発できれば、衣料用となる。

利用法の3は、木材パルプ原料のレーヨンやテンセルとして販売されている。竹やケナフの成長が早いため、木材パルプに替わる材料として利用され初めている。この技術は工業的に確立されていて、安価に大量に安定して原料が入

手できれば生産できる。

いずれの利用法も長短があって、きわめて少量の商品しか流通していない。本研究は紙布の可能性を検討したが、不織布を含めれば膨大な衣料素材が存在して、石油・石炭資源が枯渇しても十分賄えるとみられることから、継続した研究の必要性がみとめられる。

4 まとめ

紙布の物理的性質を測定した結果、引張り強度・引き裂き強度が他素材の市販布より大きく、吸水性・水分率等の性質が優れていた。摩耗強度・破裂強度・通気性・熱伝導性は市販布と同程度の性能であった。剛軟度が大きくてドレープ性に欠け、形状復元性も小さいという欠点があった。紙布がこれらの性質を持つことから、緒言で引用した「江戸時代の紙布の用途」のように用いられたといえる。しかし、欠点も加工技術が開発されれば克服できるので、紙布の衣料素材としての可能性は十分あるといえる。

引用文献

- 1) Wikipedia 白石和紙
- 2) 片倉信光著「白石和紙紙布紙衣」慶友社、1988
- 3) 大道弘雄著「紙衣」リーチ書店、1955
- 4) 辻合喜代太郎著「丹波木綿譜」衣生活研究会、1967
- 5) 池田明美 <http://www15.plala.or.jp/teori-shifu/sub7.htm>
- 6) 国際協力研究「事例研究収入創出活動の事業化支援－ラオス森林保全・復旧計画における紙布織りの事例－」Vol.20、No1 (通巻39号)、2004年4月
*市販布のデータは研究室測定の数値を中心として、以下の文献を参照した。
- 7) 石川欣造編「新被服材料学」同文書院、1999
- 8) 石川欣造編「被服材料実験書」同文書院、2005
- 9) 繊維学会編「繊維物理学」丸善、1962
- 10) 東洋精機製作所 ユニバーサルウェアテスター説明書、No.882